

4.3. Morfología de cauces: condicionantes, movilidad y tipología de los cauces aluviales

El tipo de cauce de un río determina:

- ✓ La arquitectura de los depósitos fluviales: geometría de las unidades deposicionales, la morfología del valle fluvial, la distribución de las facies sedimentarias (canal, llanura de inundación, ...).
- ✓ La propia hidráulica del río y su hidrología (régimen de crecidas e inundaciones)*

Tanto desde el punto de vista meramente geológico como ingenieril es necesario conocer y comprender la morfología del cauce

*** A la inversa, el régimen de crecidas pasadas también ha determinado (modelado) el cauce del río**

4.3.1. Factores condicionantes de la morfología del cauce

Las variables implicadas en la dinámica de los ríos aluviales y en la geometría de su cauce forman un sistema complejo.

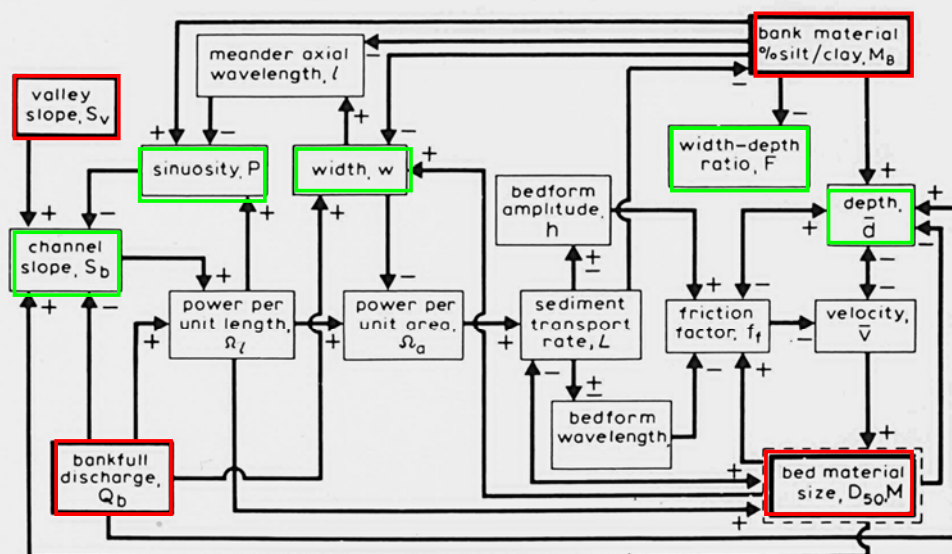


Figure 12.17 The alluvial channel system. Independent variables have heavy outlines: direct relationships are shown by +, inverse by -; the arrow shows the direction of influence; double-headed arrows indicate reversible relationships.
Source: Richards, 1982, figure 1.8, p. 26.

- La morfología del cauce (**anchura, profundidad, sinuosidad , pendiente**) está condicionada por factores externos (**variables independientes**)

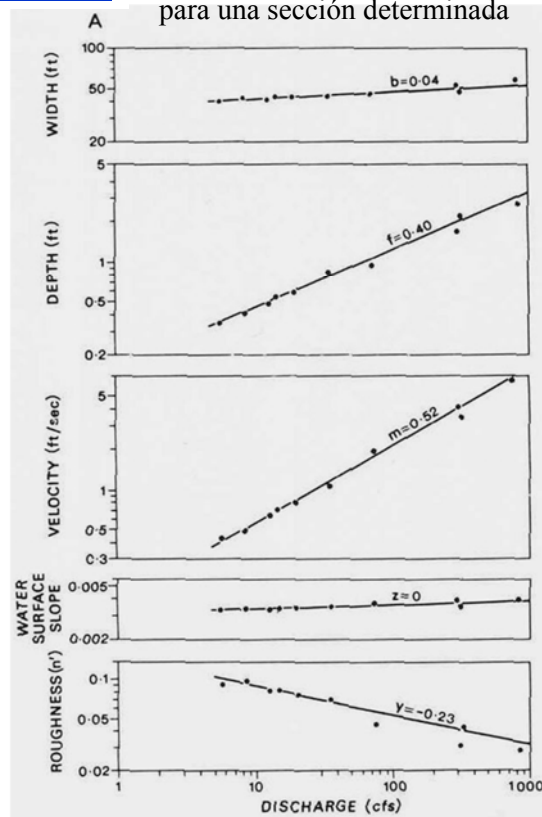
Sección transversal

Variación en el tiempo del caudal para una sección determinada

$$w = aQ^b$$

$$d = cQ^f$$

$$\bar{v} = kQ^m$$



Variación en el espacio para condiciones de cauce lleno

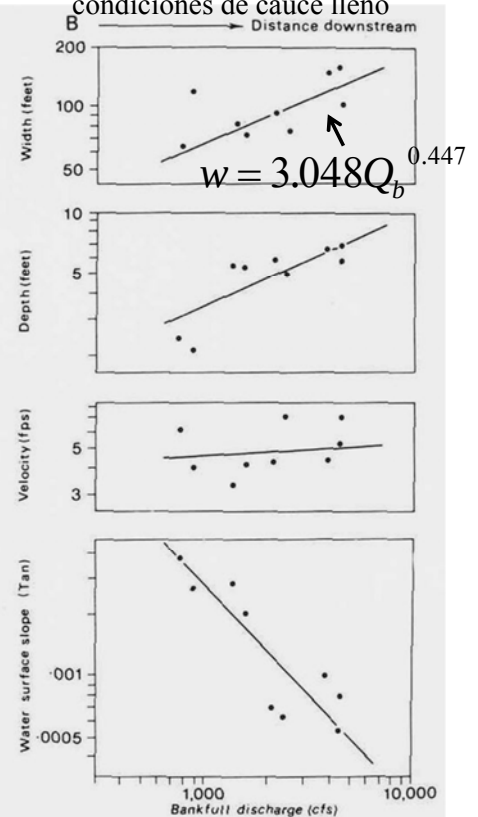


Figure 12.18 A. Relation of width, mean depth, mean velocity, water surface slope and roughness parameter (n') to changing discharge at-a-station from Brandywine Creek at Cornog, Pennsylvania. B. Relation of width, mean depth, mean velocity and water surface slope to bankfull discharge along a 40-km (25-mile) stretch of Brandywine Creek, Pennsylvania.
Source: Wolman, 1955, figures 10 and 29, pp. 11, 31.

- ✓ El área de la sección transversal del cauce depende esencialmente del caudal
- ✓ La anchura del cauce suele ser proporcional a $Q^{0.5}$ (siempre y cuando la pendiente del cauce sea menor a cierto valor crítico)
- ✓ A pendientes elevadas, la anchura crece rápidamente con la pendiente y se produce una disminución de la profundidad: tendencia a formar un cauce somero y ancho

Granulometría de las orillas y morfología del cauce

- **Márgenes cohesivos** (gran proporción de limo y arcilla): menor F, relativamente más estrechos y profundos
- **Márgenes no cohesivos** (arenas y gravas): mayor F, relativamente más anchos y someros

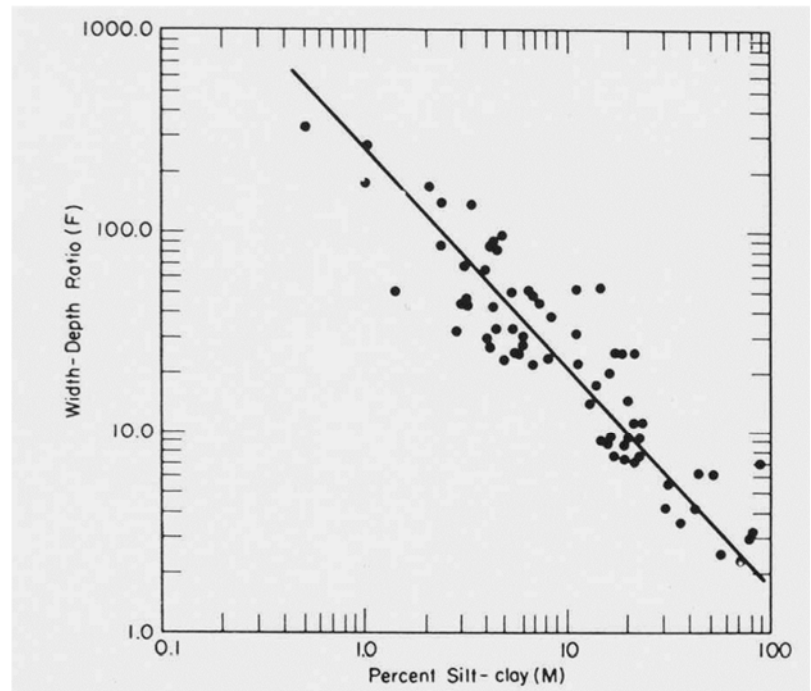


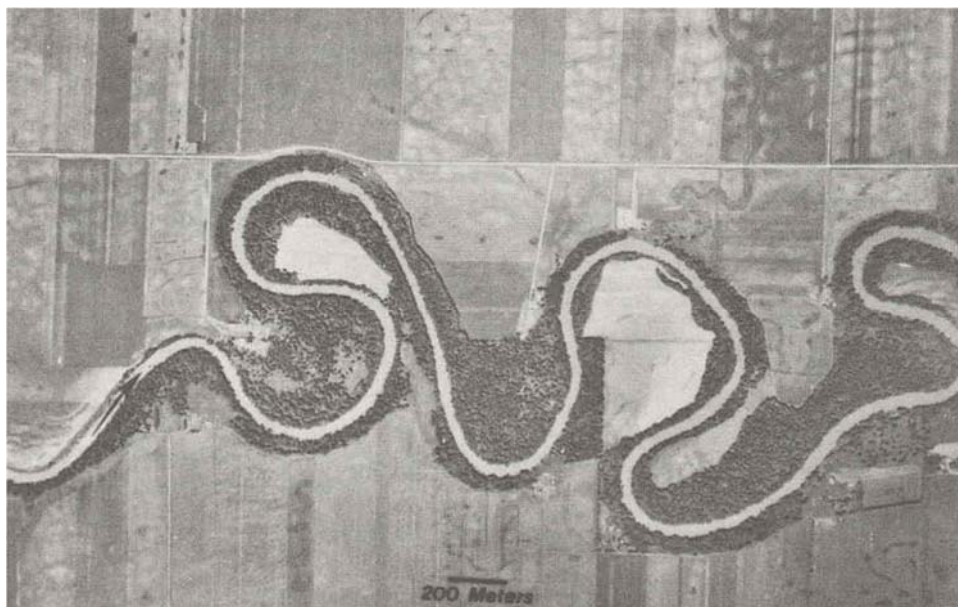
Figure 12.20 Relation between width-depth ratio and percentage of silt and clay in channel perimeter for stable alluvial streams.

Source: Schumm, 1960, figure 8, p. 21.

Morfología en planta: sinuosidad

Mide el grado de desarrollo de meandros

Definición: cociente de la distancia entre dos puntos medida a lo largo del cauce y la medida según la dirección del valle

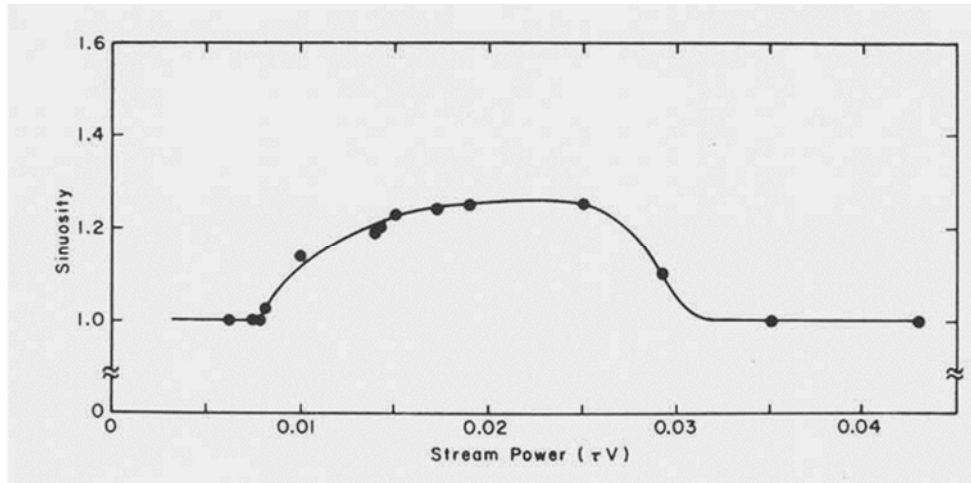


Formación de meandros:

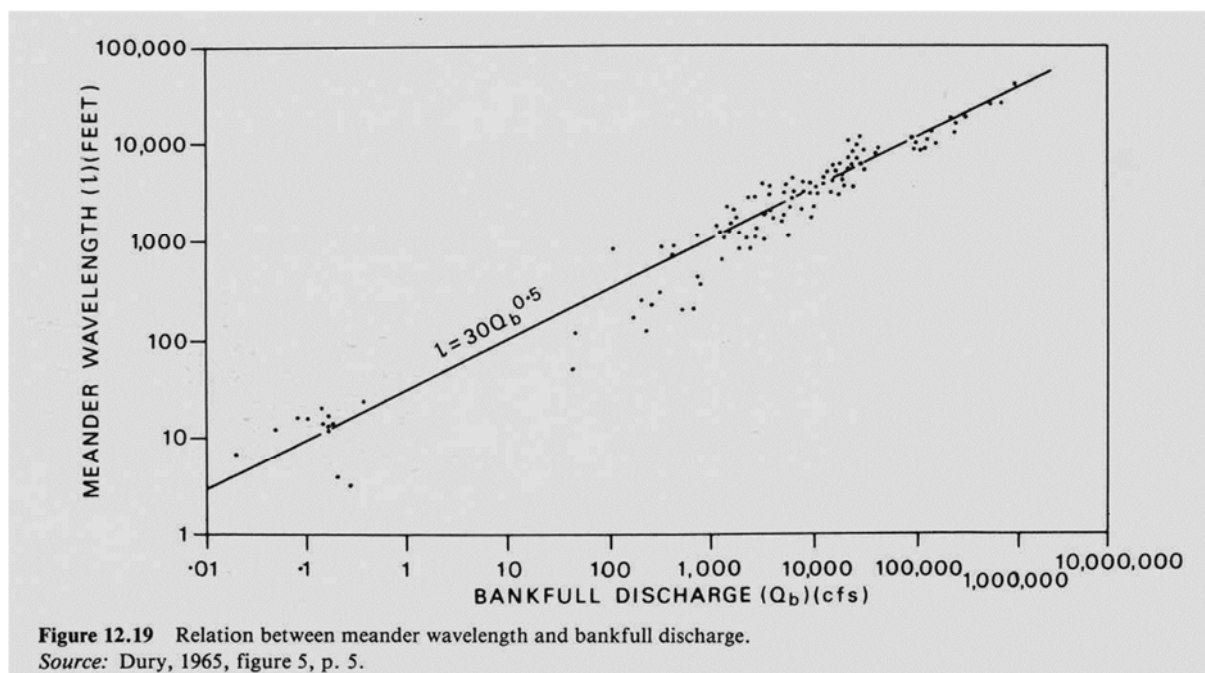
Se desconoce cuáles son los procesos que la controlan

En cualquier caso:

- ✓ La sinuosidad parece estar muy influida por la potencia de la corriente a medio o largo plazo



- ✓ La longitud de onda de los meandros aumenta exponencialmente con el caudal (el valor del exponente: entre 0.35 y 0.5)



✓ Los ríos más sinuosos muestran un valor bajo de la razón anchura profundidad, es decir, tienen cauces relativamente más estrechos y profundos que otros ríos menos sinuosos

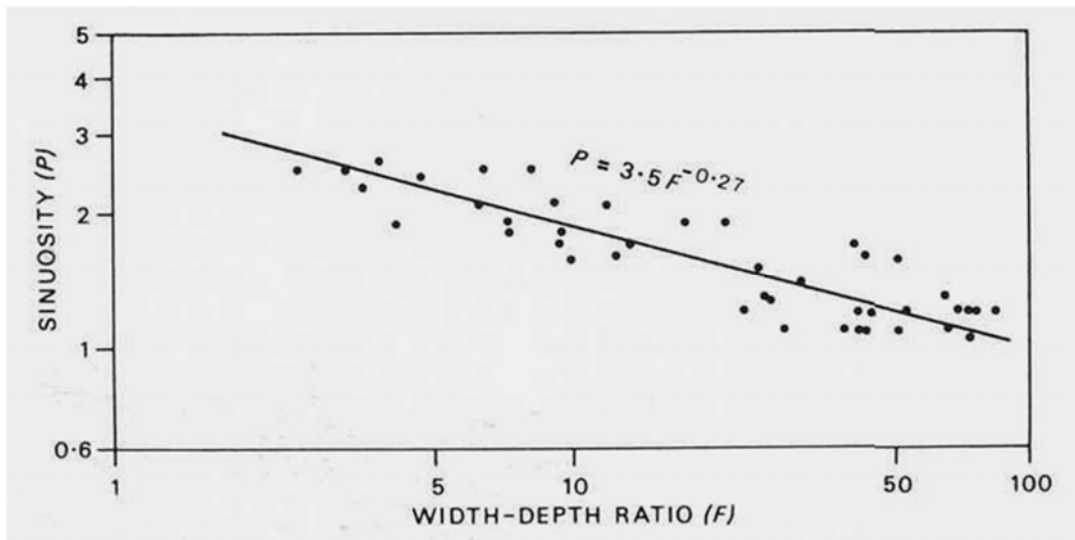


Figure 12.28 The relation between sinuosity and width-depth ratio for some alluvial rivers on the Great Plains. This relationship does not appear to be affected by differences in mean annual discharge. The standard error is 0.064 log units and the coefficient of correlation is -0.89 .
Source: Schumm, 1963, figure 2, p. 1092.

4.3.2. Movilidad del cauce

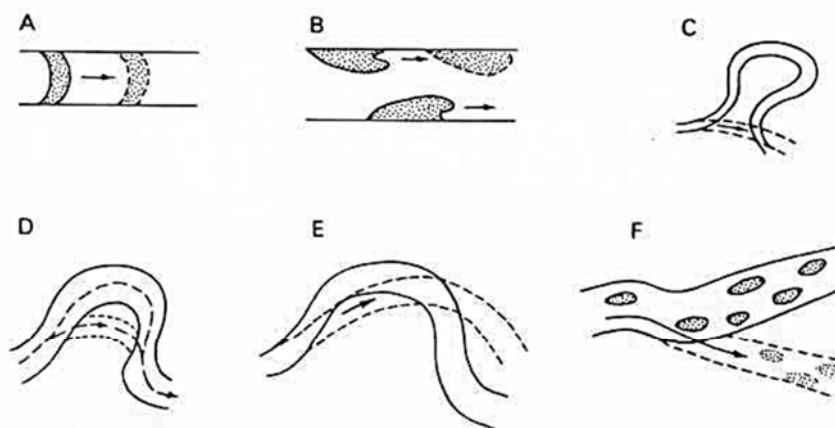
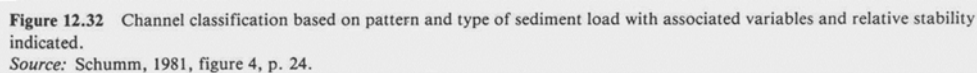


Figure 12.31 Types of channel changes: A. transverse bar shift; B. alternate bar shift; C. neck cutoff; D. chute cutoff; E. meander shift; F. avulsion. Full lines indicate present status and broken lines the future potential changes.

Source: Shen and Schumm, 1981, figure 5.





Pre de Madame Carle where the Torrent du Gyr wanders over the outwash plain.

The upper Waimakiriri river in South Island, New Zealand drains from the Southern Alps to the Canterbury Plain through a narrow bedrock gorge, above which there is a plentiful supply of sediment and a braided channel.



Movilidad del cauce

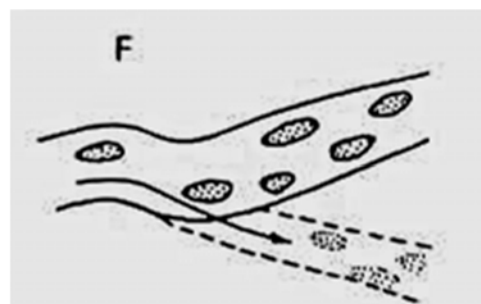
- Márgenes de cauces menores constituidos por materiales no cohesivos (gravas y/o arenas)



Favorece la erosión lateral frente a la erosión del fondo, la migración de las barras y el ensanchamiento del cauce mayor



- Cauces menores y barras son muy inestables (migran fácilmente): una crecida puede cambiarlos considerablemente
- El cauce mayor puede cambiar de posición:
 - a) progresivamente, por migración lateral en la llanura aluvial
 - b) bruscamente, por excavación de un nuevo cauce con una trayectoria más rectilínea (fenómeno de avulsión)



xesbr.mov

BRAIDED STREAM

Provided by: Chris Paola
St. Anthony Falls Laboratory
University of Minnesota

Experimental basin (XES) is 3 m wide, 6 m long.
Water and sediment supply is continuous.
Basin floor subsides continuously during
experiment. Total elapsed time is 45 minutes.

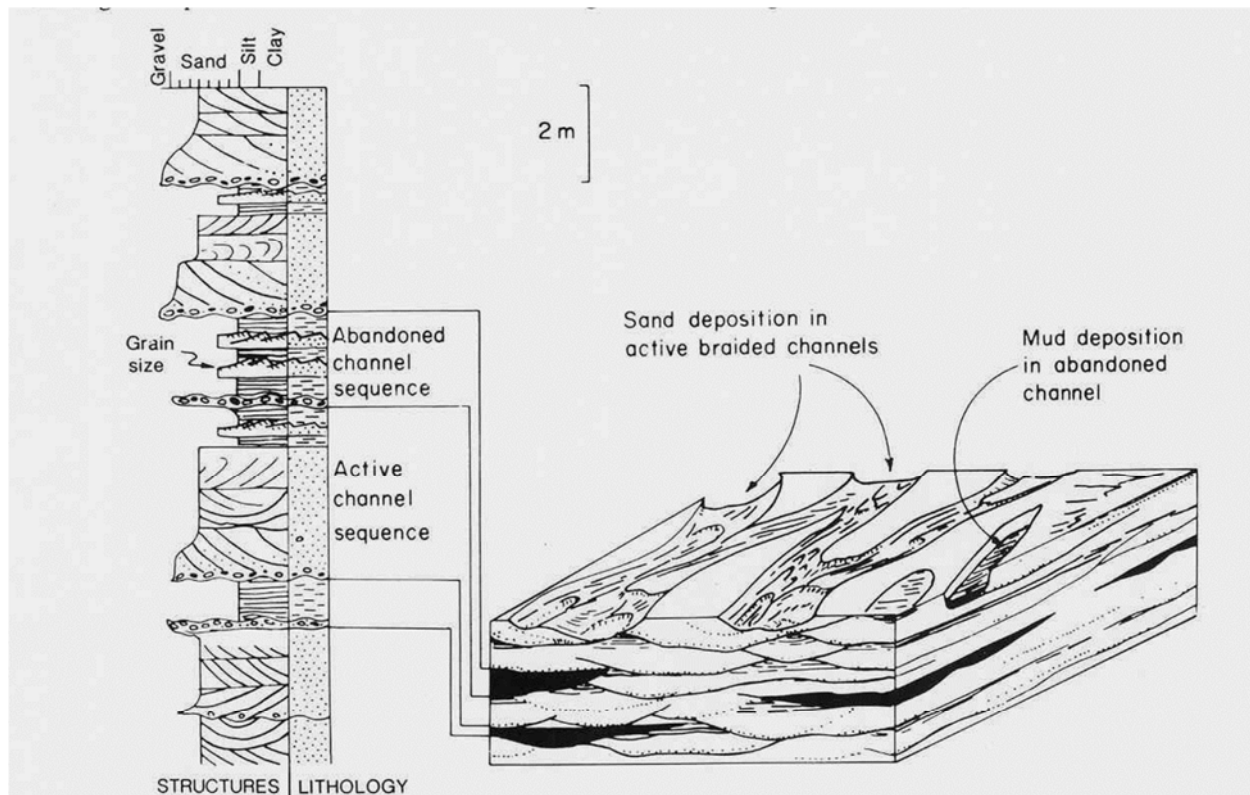


Figure 14.9 Physiography and facies of a braided alluvial channel system, where sedimentation occurs in a rapidly shifting complex of channels; key is given in Figure 14.10.

Source: R. C. Selley, *An Introduction to Sedimentology*, 1976, figure 101, p. 265, copyright © Academic Press, London.

4.5. Ríos meandriformes

Características principales

- Un único cauce menor; eje coincide ~ con el cauce mayor
- Sinuosidad elevada
- Pendiente baja
- Carga de sedimentos menor a la de los ríos trenzados, sedimentos de grano medio (arenas y limos)
- Potencia de la corriente media

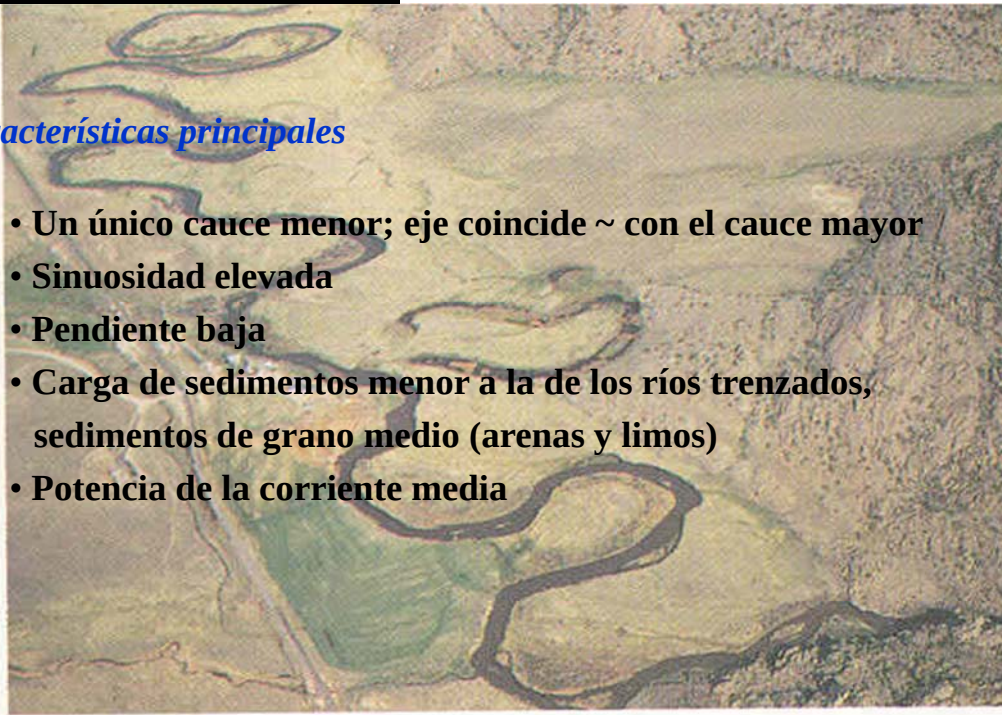


Figure 10.26

An oxbow lake marks the old position of a river meander, Sweetwater River, Wyoming.

Photo by W. R. Hansen, U.S. Geological Survey.

Dinámica geomorfológica y sedimentológica

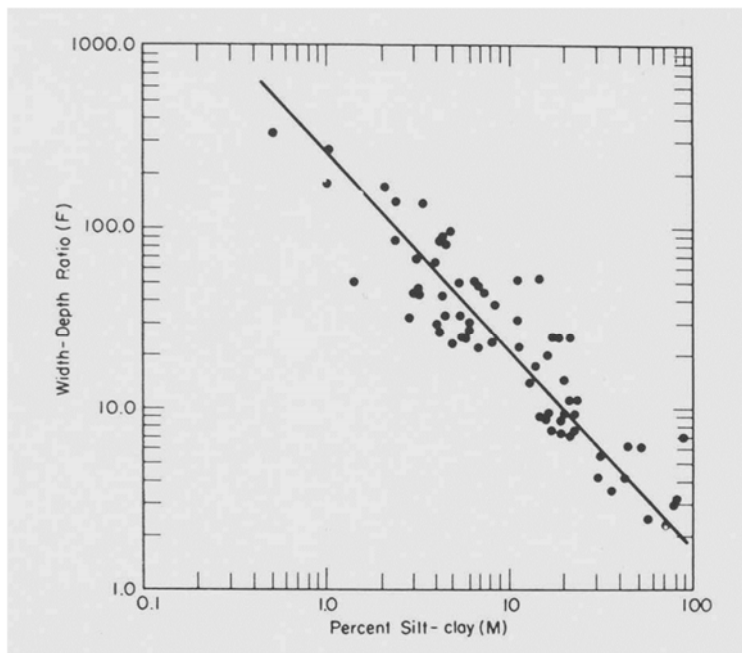
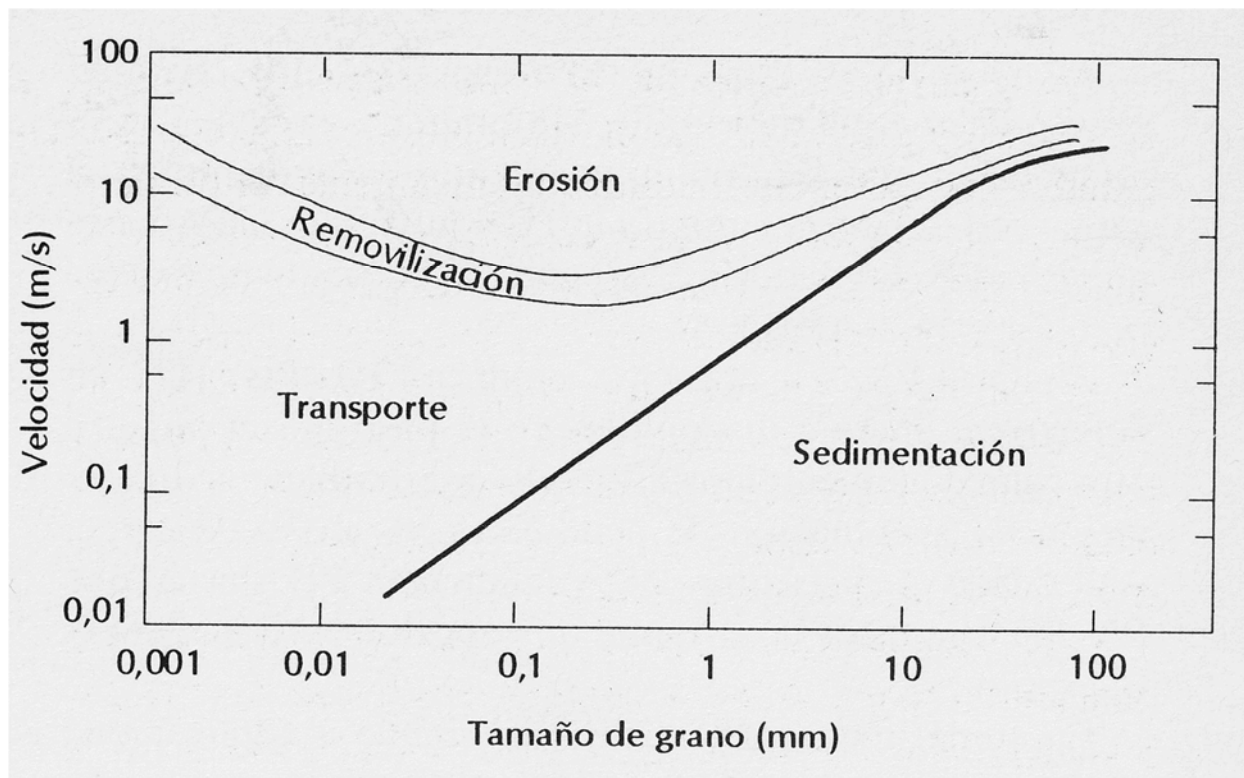
Cauce asimétrico: procesos diferenciados en las dos márgenes del cauce

- Margen externo de los meandros: erosión
- Margen interno: sedimentación (barras de meandro)



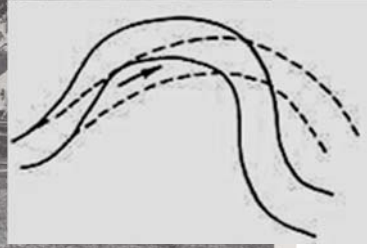
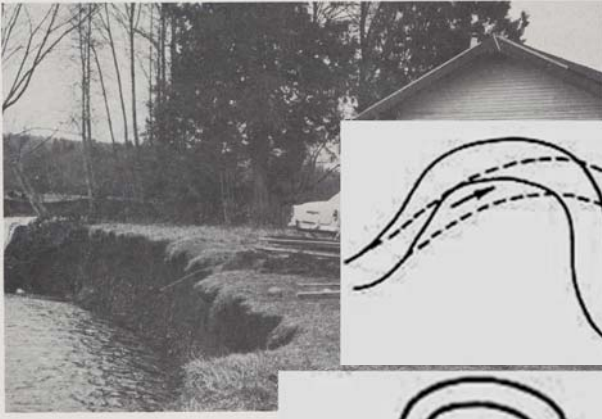
La flecha muestra un cauce abandonado, que puede ser inundado durante las avenidas. Nótesen los depósitos recientes en los extremos del margen interior del meandro. Yaven Yaven Creek, tributario del río Murrumbidgee, SE Australia.

- El cauce es más estable que en los ríos trenzados **¿Por qué?**



Un cauce con márgenes cohesivos será relativamente más estrecho y profundo que uno con márgenes granulares

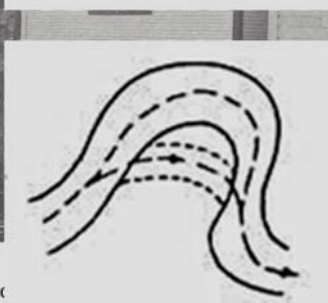
Cambios de posición del cauce



✓ Por migración lateral y longitudinal (aguas abajo) de los meandros



✓ Por estrangulamiento de meandros muy desarrollados ("neck cutoff")



✓ Por acortamiento de los meandros, reduciendo parcialmente su radio de curvatura ("chute cutoff").

Figure 10.22
River erosion on the outside of
Washington. Pictures were taken
Photos by P. A. Glancy, U.S. Geological Survey.



Here on the Rio Puerco in New Mexico, USA, the red line shows the asymmetric cross-section. The river has migrated from the vegetated area (right) to its present position where it has incised a deeper channel. It is also possible to see that the river has almost cut through its meander in the photo beyond the red line.



The tree-lined but abandoned channel in the lower part of the photograph shows the former course of the Murrumbidgee river (SE Australia) at this meander bend.

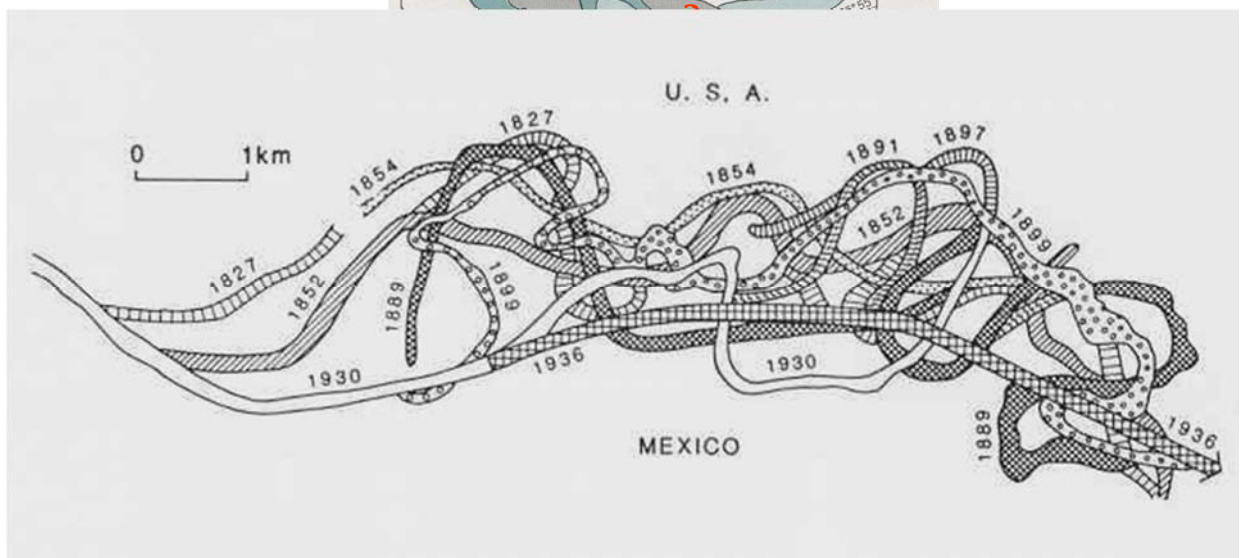


FIGURA 16.24. Una serie de cuatro inspecciones realizadas en el Mississippi muestran considerables cambios en la posición del cauce y en la forma de los meandros. Nótese que se estranguló un meandro en 1821 y que continuaron formándose nuevas curvas. (Según el U.S. Army Corps of Engineers.)

Río Gállego

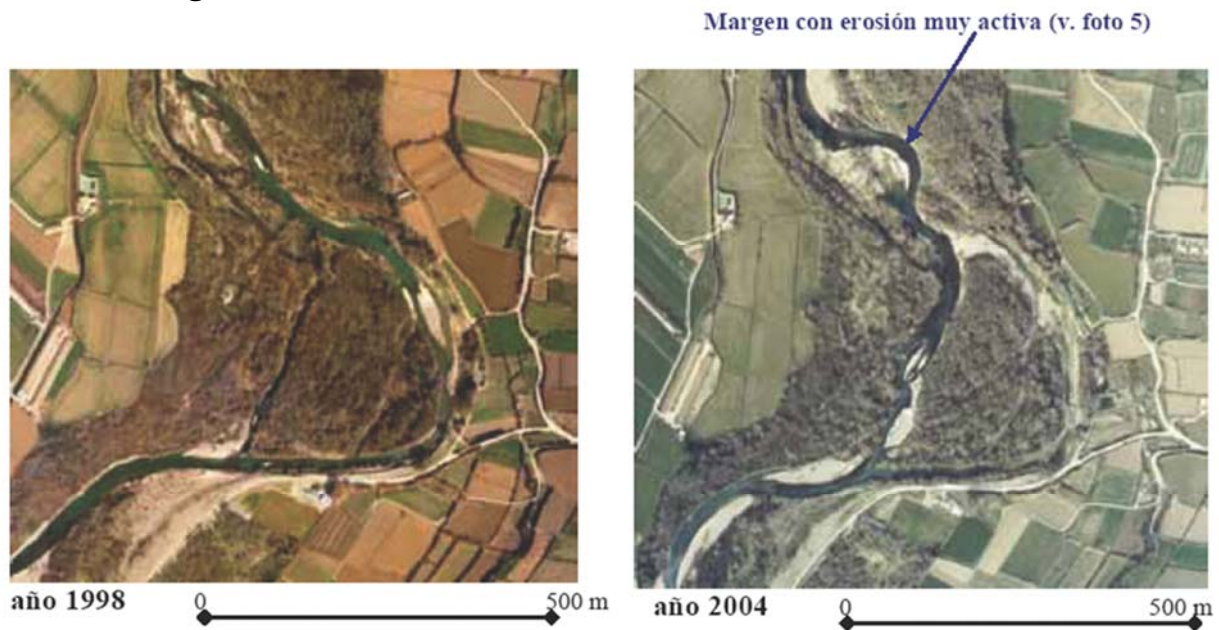


Fig. 7: Corta natural de meandro registrada en 2001 aguas arriba de Peñaflor. Comparación de las fotos aéreas de 1998 y 2004 Ayuntamiento de Zaragoza.

El cauce ocupa una parte relativamente pequeña de la llanura aluvial

Clara separación entre el subambiente de canal y el de la llanura de inundación

Subambiente de canal

- Domina la sedimentación de arenas (y más localmente de gravas)
- Sedimentación ligada a la migración de los meandros

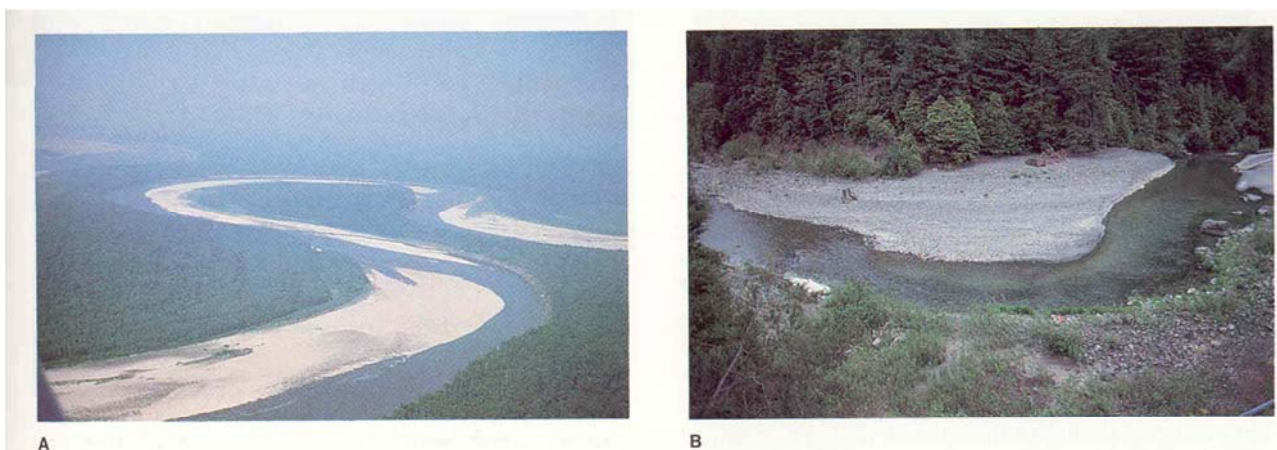


Figure 10.21

(A) Meanders on the Mississippi River, New Madrid, Missouri. Point bars of sand have been deposited on the inside of meander curves. (B) A point bar of gravel has been deposited on the inside of this curve.

Photo A by Frank M. Hanna.

- Migración lateral de los meandros en una zona relativamente estrecha (banda o cinturón de meandros)
- En la banda de meandros: son frecuentes los meandros abandonados (formados por el estrangulamiento de meandros)



Figure 10.24
The migration of river meanders across this valley has left arcuate point bar deposits and visible scars marking old meander positions, Panama City, Florida.
Photo by Frank M. Hanna.

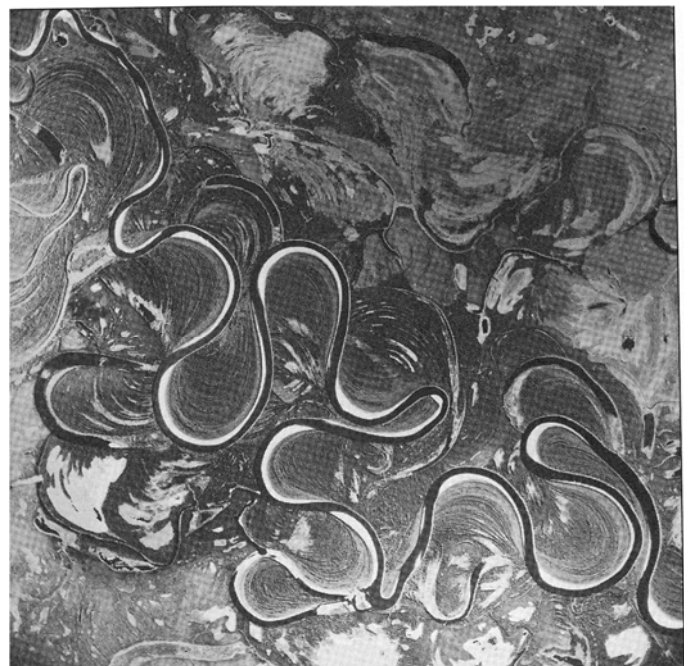


FIGURA 16.22. Esta fotografía aérea vertical, tomada desde una altitud de unos 6 km, muestra meandros, estrangulaciones, lagos oxbow, pantanos y el lecho de inundación del río Hay en Alberta. (Department of Energy, Mines and Resources, Canadá.)

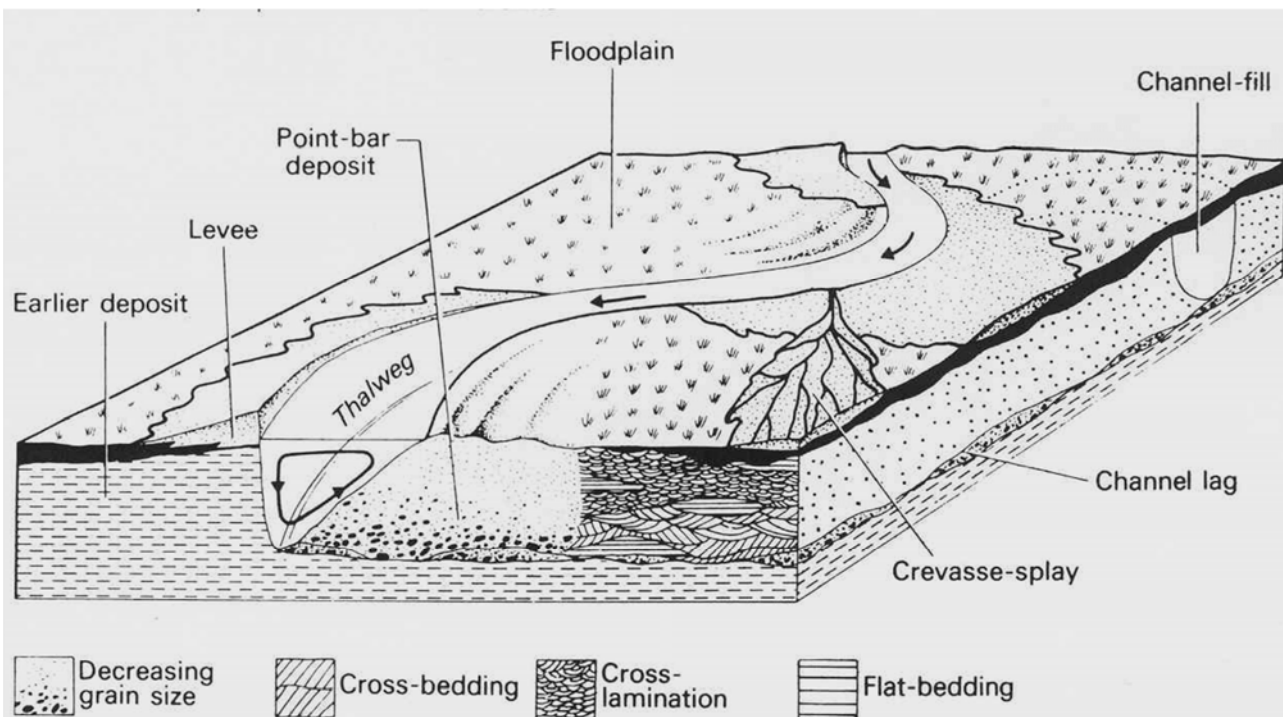
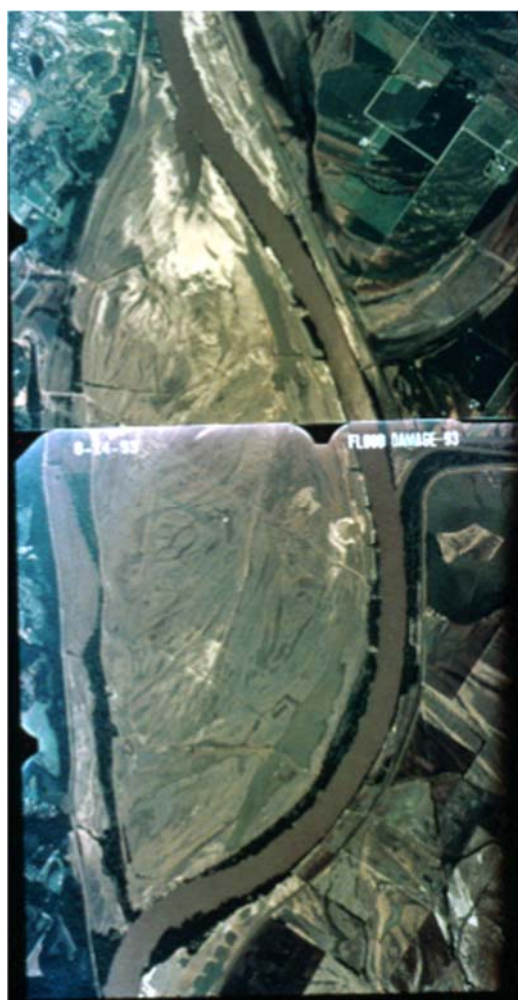


Figure 14.12 The classical point bar model for a meandering river; a crevasse is a break in the levee.
Source: Collinson, 1978, figure 3. 24, p. 33, after Allen, 1970.



Missouri River at Stigerse Island, near LEavenworth, KS. Levee break and new overbank sediment from flood of 1993. River flow is toward bottom of page.



Side-looking radar (SLAR) image of the flood plain between the Rio Japurá and Rio Solimoes (Amazon River basin), taken in 1971/1972. Flow is towards the lower right. Note the many scroll bars marking the former positions of channels (point bars) across the flood plain. Note these are large rivers with very large meander wavelengths, so that scroll bars are also very large. SLAR does not see vegetation, otherwise this view would only show rain forest.

En las avenidas que ocupan la llanura de inundación:

- 1) Márgenes del cauce: disminución brusca de la velocidad de la corriente**
 - menor profundidad de la corriente, y
 - mayor rugosidad del lecho (vegetación)
- 2) Brusca disminución de la velocidad:**
 - sedimentación de cordones de arenas en torno al cauce mayor (diques laterales o “levées”)
 - favorece la sobre-elevación del cauce

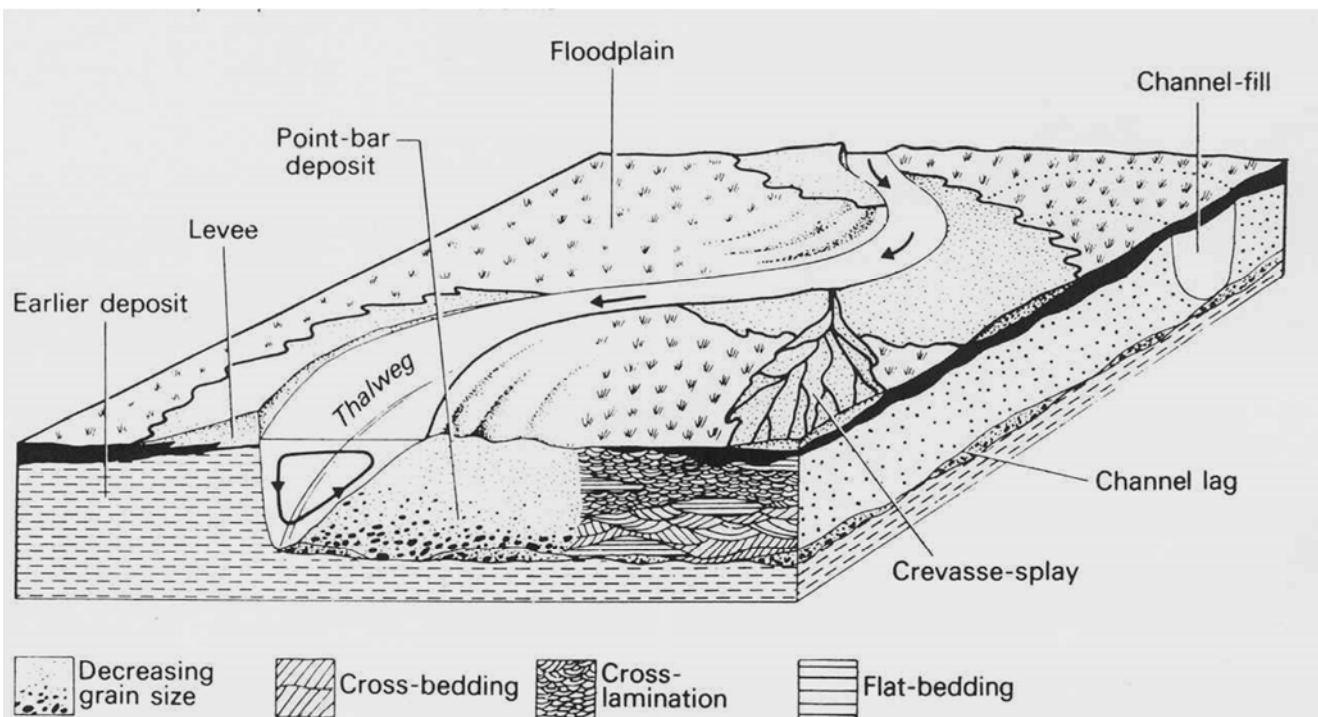


Figure 14.12 The classical point bar model for a meandering river; a crevasse is a break in the levee.
Source: Collinson, 1978, figure 3. 24, p. 33, after Allen, 1970.



Crevasse splay sand from levee break at Bryants Creek MO crossing floodplain of upper Mississippi River near mile 260. Photo by R.H. Meade, USGS

Subambiente de llanura de inundación

- 3) Deposición de la fracción más fina, predominantemente de limos
- 4) Tras la avenida:
 - aguas estancadas formando zonas pantanosas, y lagos (meandros abandonados)
 - deposición de arcillas y de sedimentos orgánicos

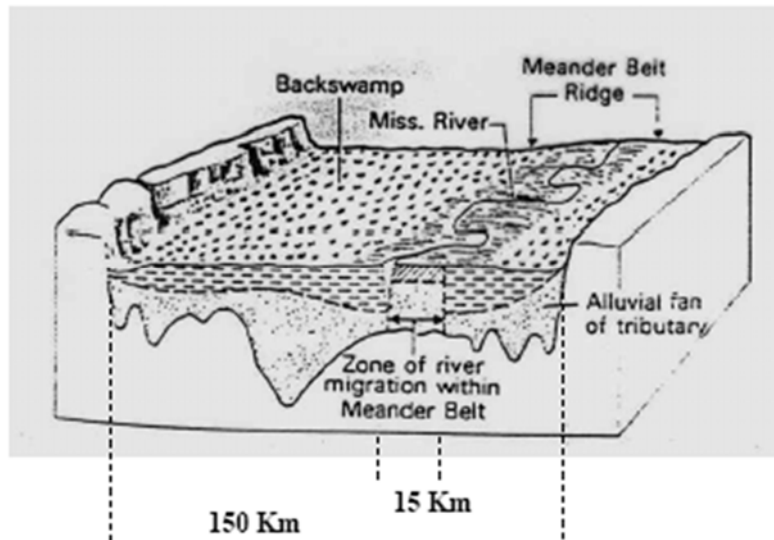
Mayor tasa de sedimentación → en la banda de meandros



Posición topográficamente más elevada respecto a la llanura de inundación



La llanura de inundación tiene una anchura mucho mayor al cauce



Las avenidas que rebasan el cauce inundan una zona muy extensa



Río Socopo flowing off eastern slope of Venezuelan Andes. View is up river (towards WNW). October 24, 1984. Note point bars along inner bends. The channel belt is defined as the region between the red lines within which the active channel tends to meander. Photo from R.H. Meade, USGS

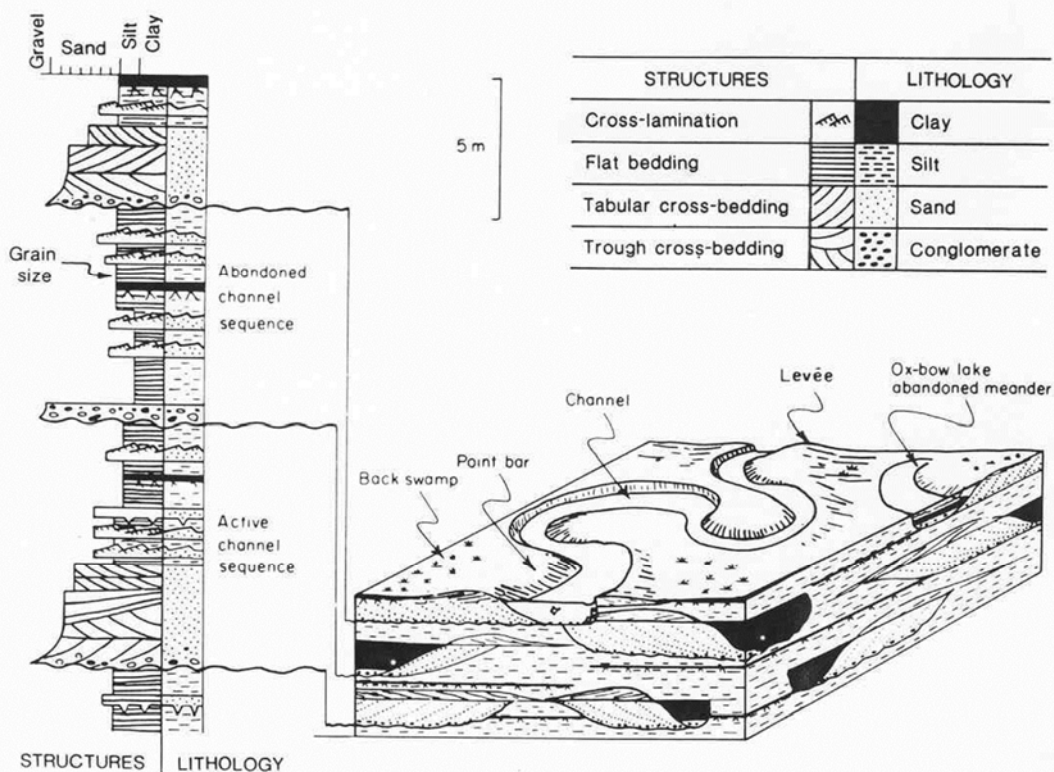


Figure 14.10 Physiography and facies of an alluvial floodplain produced by meandering channels.
Source: Selley, 1976, figure 99, p. 261, after Visser.

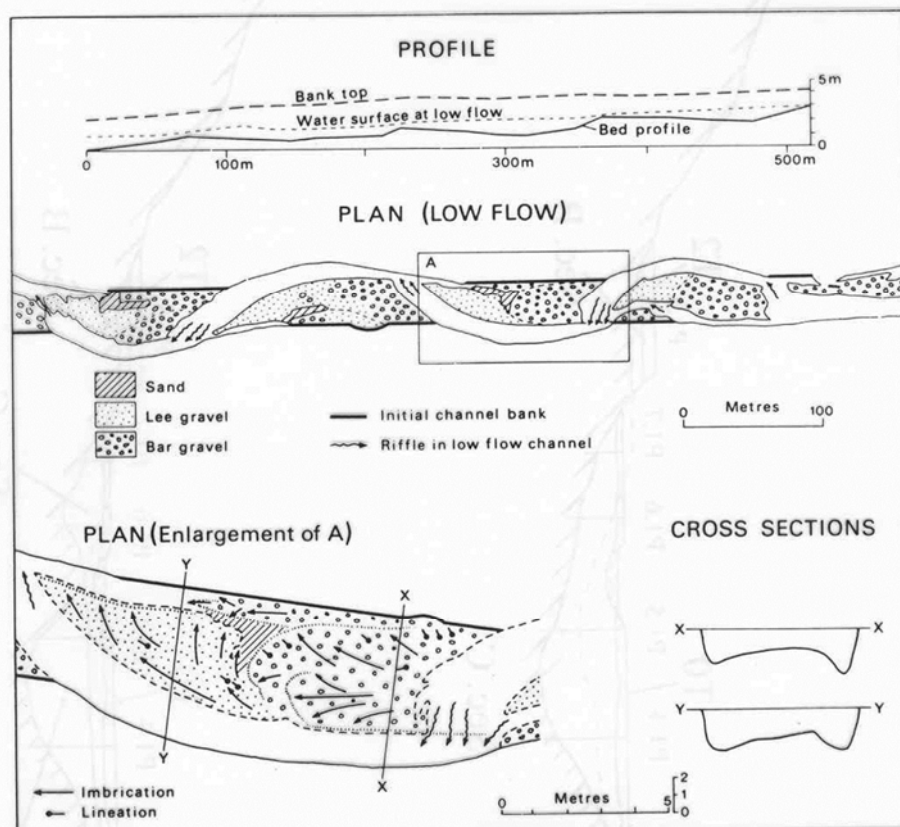


Figure 12.26 Profile and plans of a reach of the River Ystwyth, Mid-Wales, showing a series of three bars which developed during the period 1969–70 after the channel had been artificially straightened.
Source: Lewin, 1976, figure 3, p. 283.



This photograph taken in 1986 some 17 years after the channel straightening work. It shows how the Rio Puerco, which was perfectly straight in 1969, has now started to meander and threaten to undermine Highway 44 alongside it. In retrospect, it may not have seemed such a good idea to straighten it in the first place!

4.6. Ríos trenzado- sinuosos

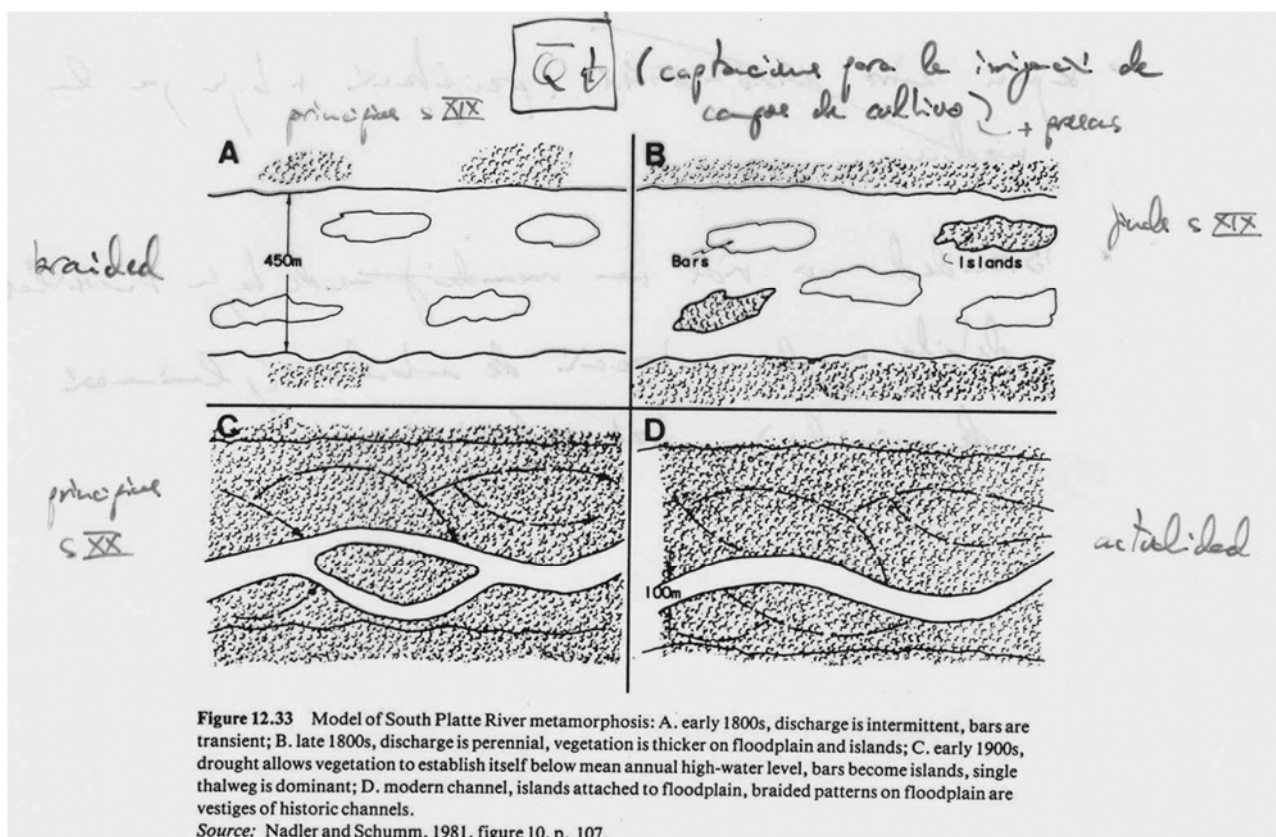


Figure 2.8 Sinuous braided river: North Canadian River near Guymon, Oklahoma at low stage. Point bars are marked by braided pattern. (Courtesy of J. S. Brice.)



Yaven Yaven Creek, a tributary in the Murrumbidgee system, SE Australia, has an abundant sediment supply and in some sections such as the one shown here, has a tendency to braid. Overgrazing by cattle may, in some areas, be the cause of increased sediment supply to the channels (Trimble, 1981).

4.7. Metamorfosis de ríos



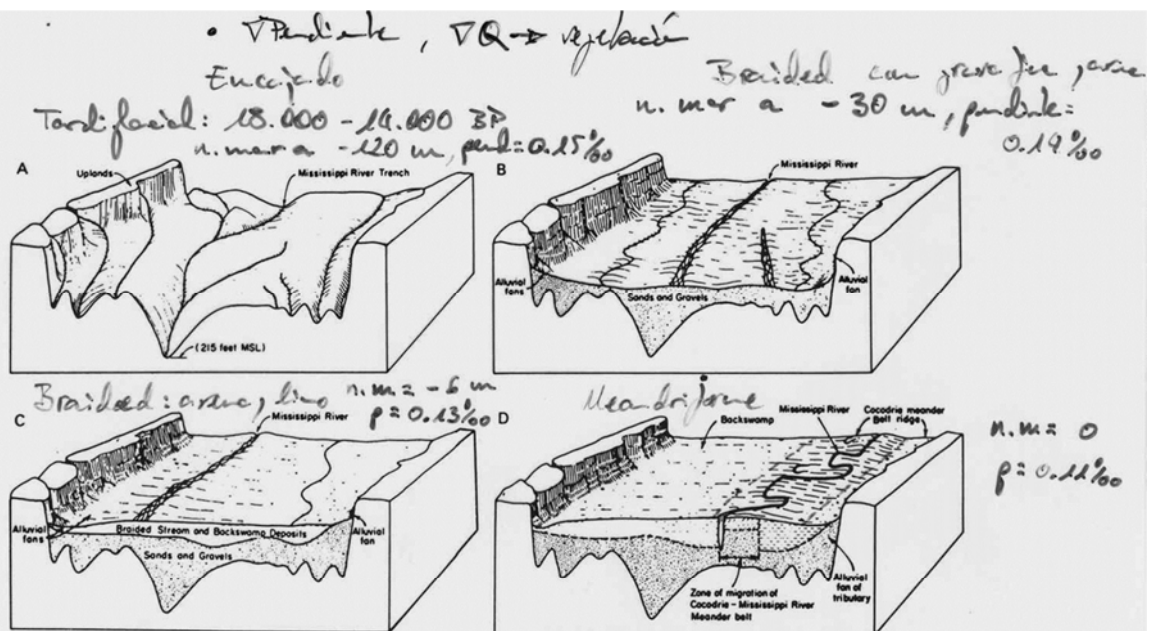


Figure 12.34 Quaternary history of the Mississippi River valley: A. late Glacial entrenched stage: 18,000-14,000 years BP; sea level -400 ft; valley slope 0.83 ft/mile; river overloaded, carrying gravel; B. valley aggradation stage I: sea level -100 ft; valley slope 0.75 ft/mile; river overloaded, braided, carrying sand and fine gravel; C. valley aggradation stage II: sea level -20 ft; valley slope 0.68 ft/mile; river overloaded, braided, carrying silts and sands, build-up of thick backswamp silts and clays; D. valley aggradation stage III: sea level as at present; valley slope 0.60 ft/mile; development of Cocodrie meander belt; meandering deep-channel river with great discharge variation gradually replacing braided shallow channel (0.60, 0.68, 0.75 and 0.83 ft/mile = 0.11, 0.13, 0.14 and 0.16 m/km).

Source: Fisk, 1944, plate 5.